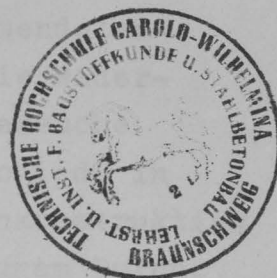


Bericht aus dem
Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung
der Technischen Hochschule Braunschweig



Abhängigkeit der Tragfähigkeit von Stahlbeton-
decken vom Querschnitt der Stahleinlagen bei
Beanspruchung durch Feuer nach DIN 4102

o. Prof. Dr.-Ing. habil. Th. Kristen
Dr.-Ing. H.J. Wierig

A p r i l 1959

Die Arbeiten wurden durchgeführt im Auftrage des
Bundesministeriums für Wohnungsbau, Az. Nr. II/5 -
6073 Nr. 72

DK 699.81. 001. 5

1. Allgemeines

Die Widerstandsfähigkeit massiver Deckenkonstruktionen gegen Feuer hängt von verschiedenen Faktoren z.B. der Konstruktionsart, den verwendeten Baustoffen und dem gewählten Unterputz ab. Bei Versuchen [1] tauchte die Frage auf, ob der Durchmesser der verwendeten Stahleinlagen bei Massivdecken von Einfluß auf die Widerstandsfähigkeit gegen Feuer ist. Die folgenden Versuche sollten dazu dienen, um festzustellen, ob Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit gegen Feuer einer Deckenkonstruktion bei gleichem Gesamtquerschnitt, jedoch verschiedenem Durchmesser der Stahlbewehrung bestehen.

Bekanntlich sind Streckgrenze und Zugfestigkeit eines Stahles auch bei normaler Temperatur vom Querschnitt des Zugstabes abhängig. So wird z.B. in DIN 1045 für Rundstäbe bis zu einem Durchmesser von 18 mm eine höhere Mindeststreckgrenze gefordert als für dickere Stäbe. Es sollte nun festgestellt werden, ob sich nur die an sich etwas höhere Festigkeit der dünneren Stahleinlagen auf die Dauer der Widerstandsfähigkeit gegen Feuer auswirkt oder ob auch - vielleicht infolge der unterschiedlichen Wärmekapazität oder bei gleicher Betonüberdeckung infolge einer voneinander abweichenden Lage des Schwerpunktes der Stahleinlagen (s. Abb. 1) - eine schnellere oder langsamere Erwärmung dünnerer Stahleinlagen eintritt.

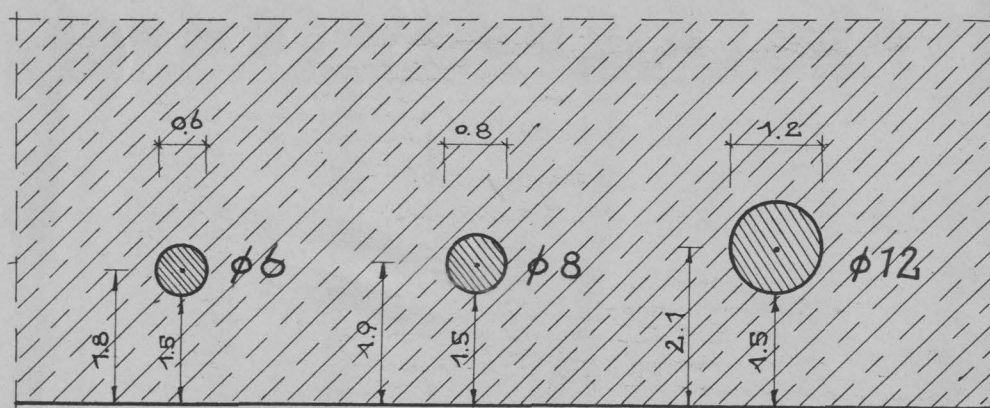


Abb. 1 *Bewehrung einer Betonplatte mit
Stahleinlagen verschiedenen
Querschnittes*

Die folgenden Untersuchungen wurden im Auftrage des Bundesministeriums für Wohnungsbau im Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung der Technischen Hochschule Braunschweig durchgeführt.

2. Arbeitsplan

Es sollten folgende drei Decken aus Beton mit Stahlbewehrungen unterschiedlichen Durchmessers auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Feuer und Wärme nach DIN 4102, Blatt 3 geprüft werden.

Versuchsdecke I :

Stahlbetonplatte mit Bewehrungsstäben \varnothing 6 mm

Versuchsdecke II :

Stahlbetonplatte mit Bewehrungsstäben \varnothing 8 mm

Versuchsdecke III:

Stahlbetonplatte mit Bewehrungsstäben \varnothing 12 mm

3. Beschreibung der Decken

Die drei Versuchsdecken bestanden aus einachsiger bewehrten Stahlbetonplatten mit den Abmessungen 275 x 150 x 8,5 cm. Je eine dieser Platten war mit Stäben vom Durchmesser 6 mm, 8 mm und 12 mm bewehrt. Es wurde für alle drei Platten B.St. III b (Torstahl) verwendet; die Betonüberdeckung betrug 1,5 cm. Auf die genaue Einhaltung dieses Maßes wurde beim Betonieren größte Sorgfalt verwendet und als Abstandhalter kleine Gasbetonstücke benutzt. Alle Decken erhielten keinen Unterputz, um die Einwirkung des Feuers besser beurteilen zu können. In Zahlentafel 1 sind die Decken übersichtlich zusammengestellt.

Zahlentafel 1

Übersicht über die Versuchsdecken

Versuchs- decke Nr.	Durch- messer der Stähle mm	Anzahl der Stähle	Gesamt- querschnitt der Tragbe- wehrung cm ²	Quer- bewehrung
1	6	19	5,33	3 Ø 6 /m
2	8	11	5,50	3 Ø 6 /m
3	12	5	5,65	3 Ø 6 /m

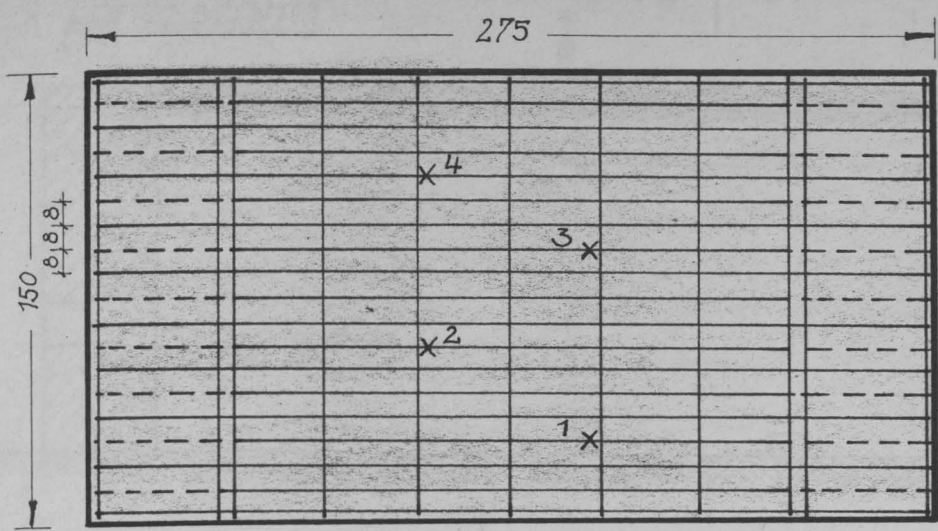
An den Bewehrungsstählen jeder Decke wurden 4 bis 6 Thermo-
elemente zur Messung der Temperaturerhöhung während der Brand-
versuche angebracht. Die Anordnung der Bewehrung und die Lage
der Temperaturmeßstellen s. Abb. 2.

4. Beschreibung der Versuchseinrichtung und der Versuchs-
durchführung

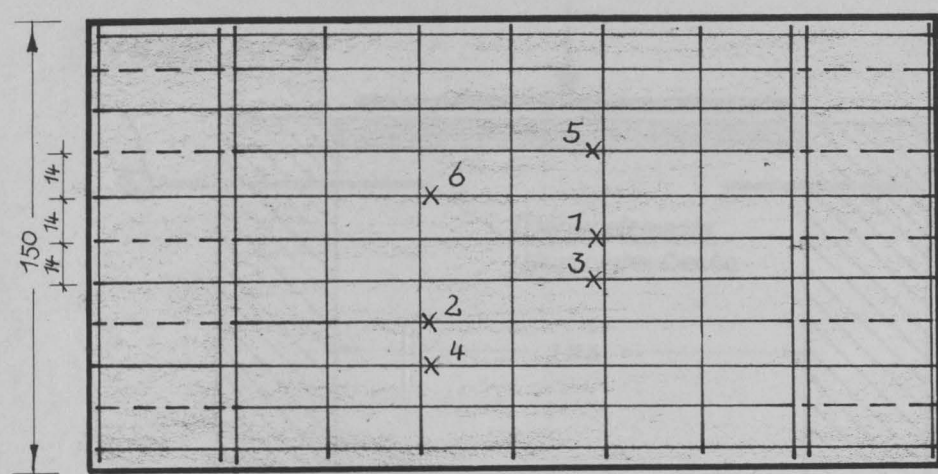
Zur Durchführung der Brandversuche bauten Facharbeiter des
Instituts die Versuchsdecken als oberen horizontalen Raumab-
schluß in Brandhäuser ein. Dabei wurden die Decken als Platte
auf zwei Stützen gelagert, sodaß die beiden nicht aufgelagerten
Plattenränder sich während des Brandversuches unter der gemäß
DIN 4102 aufgebrachten "rechnerisch zulässigen Belastung"
frei deformieren konnten.

In der Brandkammer waren vier Thermoelemente zum Messen der
Brandtemperaturen angeordnet. Der Abstand dieser Thermoelemente
von den Versuchsdecken betrug zu Beginn der Brandversuche
etwa 15 cm, verringerte sich aber im Laufe der Versuche in-
folge der Deformation der Decken. Die Durchbiegung der Decken
wurde in Feldmitte gemessen.

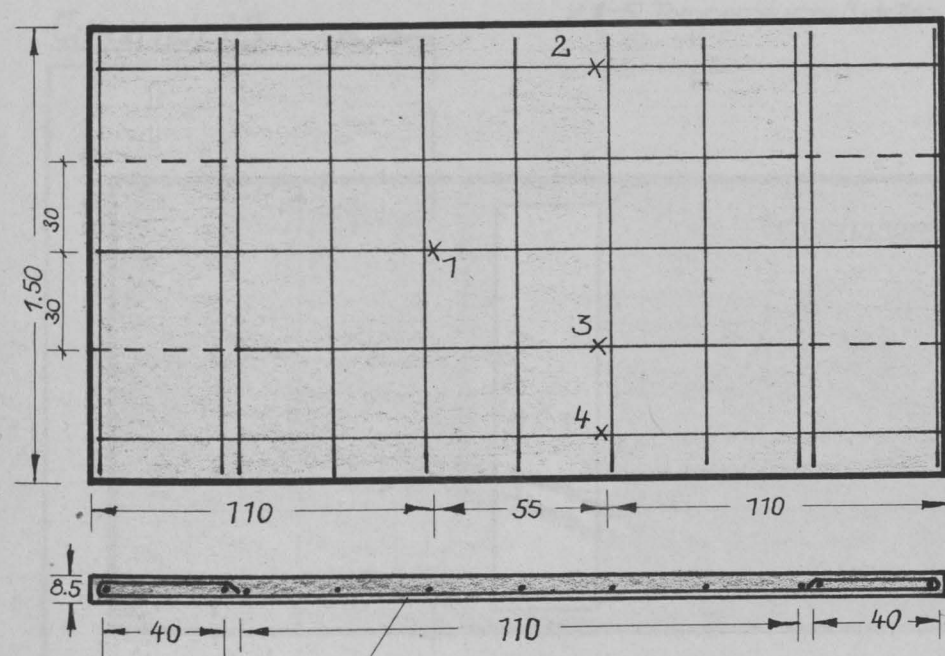
Während der Brandversuche wurde die Temperatur in der
Brandkammer nach der Einheitstemperaturzeitkurve DIN 4102,
Blatt 3 gesteigert. Die Beheizung der Brandkammer erfolgte
mit Ölfeuerung.



Versuchsdecke 1
Längsbewehrung
19 ϕ 6mm B.St. III b
Querbewehrung
3 ϕ 6/m



Versuchsdecke 2
Längsbewehrung
11 ϕ 8 B. St. III b
Querbewehrung
3 ϕ 6/m

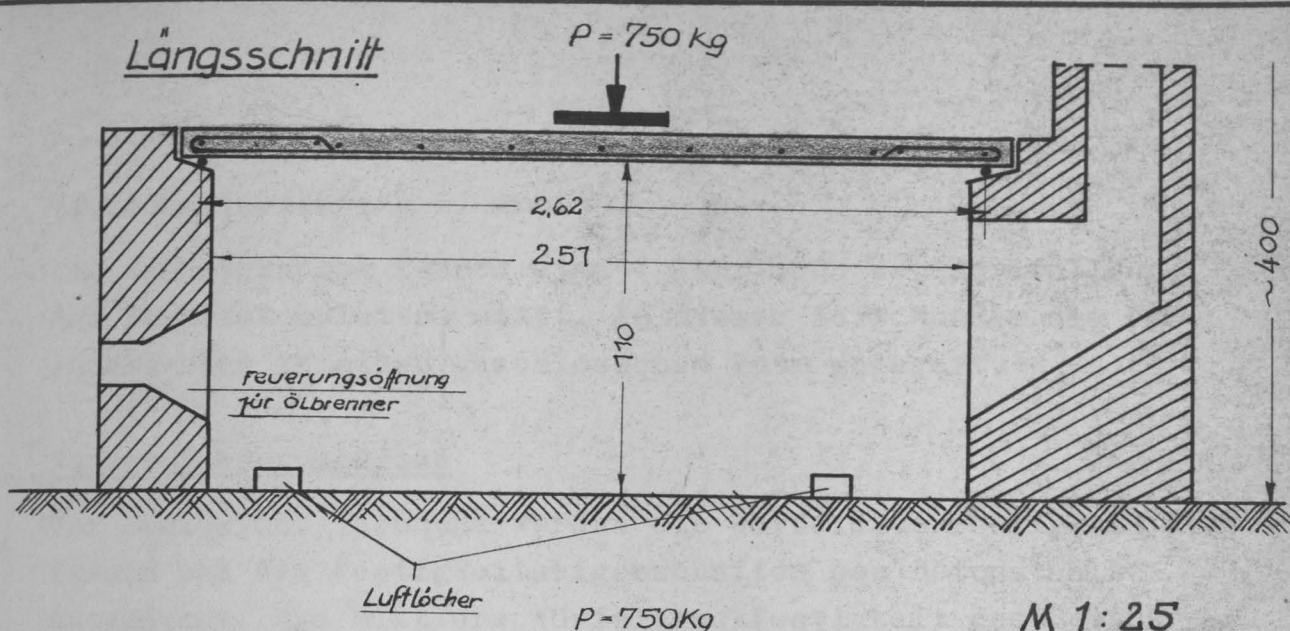


Versuchsdecke 3
Längsbewehrung
5 ϕ 12 B. St. III b
Querbewehrung
3 ϕ 6/m

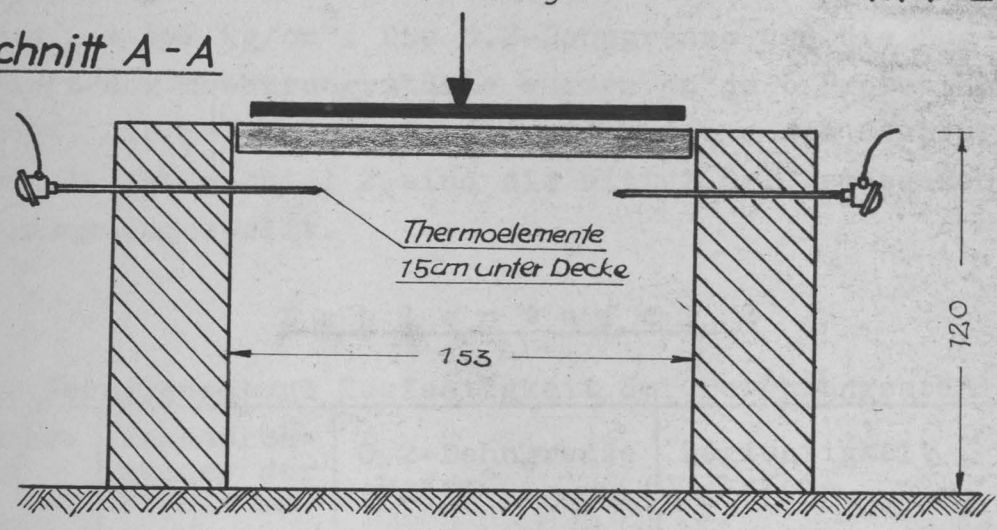
x-Temperaturmeßstellen an der Bewehrung
M:1:25
Maße in cm

Betonüberdeckung an allen Decken 7,5cm

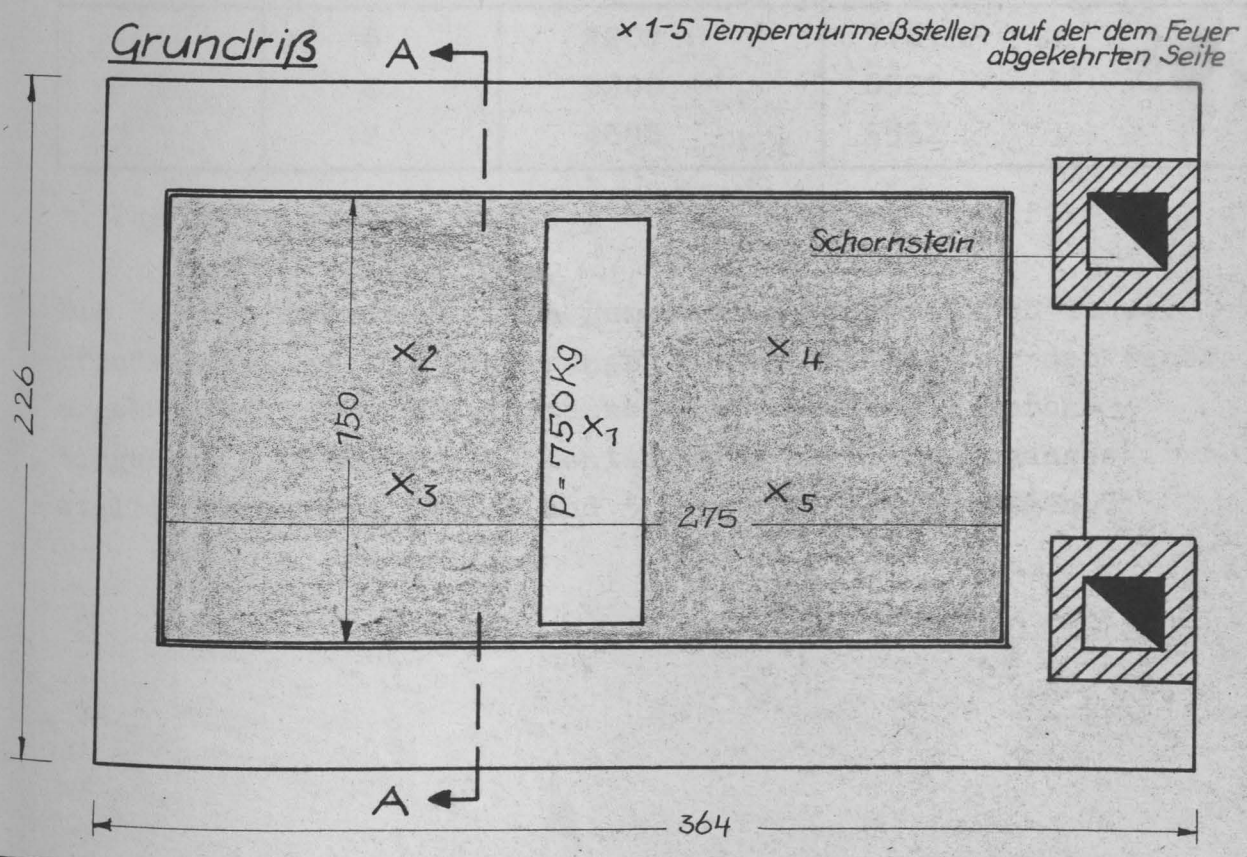
Längsschnitt



Schnitt A - A



Grundriß



Versuchseinrichtung s. Abb. 3.

Die Brandversuche fanden etwa 1 Jahr nach der Herstellung der Stahlbetonplatten statt. In dieser Zeit wurden die Versuchsdecken in einem geschlossenen Raum gelagert.

5. Versuchsergebnisse

Vor Beginn der Versuche wurden die Würfeldruckfestigkeit des Betons und die Festigkeitseigenschaften des Betonstahls untersucht. Die mittlere Würfeldruckfestigkeit des Betons betrug $W_{28} = 350 \text{ kg/cm}^2$. Die 0,2-Dehngrenze und die Zugfestigkeit der Bewehrungsstähle wurden an je 6 Probestäben ermittelt. Die Meßlänge betrug das Zehnfache des Stabdurchmessers. In Zahlentafel 2 sind die Mittel der gemessenen Werte zusammengestellt.

Z a h l e n t a f e l 2

0,2 Dehngrenze und Zugfestigkeit der Bewehrungsstähle*)

Versuchs- decke Nr.	Nenndurch- messer der Stähle mm	0,2-Dehngrenze kg/cm ²	Zugfestigkeit kg/cm ²
1	6	4207	5161
2	8	5200	6522
3	12	4690	5522

*) Für jeden Stabdurchmesser wurden 6 Stäbe geprüft.

Die bei den Brandversuchen gemessenen Temperaturen in der Brandkammer, an den Bewehrungsstählen und auf der dem Feuer abgekehrten Seite der Versuchsdecken sowie die Durchbiegungen sind in den Zahlentafeln 3 bis 5 zusammengestellt und in den Abb. 4 und 5 graphisch aufgetragen.

Zahlentafel 3

Meßergebnisse an der Versuchsdecke I
(Bewehrungsstähle Ø 6 mm)

Versuchsdauer in Min.	Temperatur in der Brandkammer °C *)	Temperatur an den **) Bewehrungs- stählen °C	Temperatur auf der dem Feuer abge- kehrten Seite °C ***)	max. Durch- biegung in cm ****)
0	-	-	-	0,1
5	530	92	7	2,5
10	625	134	10	3,1
15	780	207	21	5,1
20	870	285	39	5,9
25	850	342	53	6,5
30	879	384	67	7,7
35	920	421	71	8,3
40	940	457	74	9,5
45	950	498	-	10,9
50	960	528	79	12,8
55	985	551	-	15,5
60	1010	575	82	21,5
Zusammenbruch				

*) Mittel aus 4 Meßstellen

**) Mittel aus 4 Meßstellen

***) Mittel aus 4 Meßstellen

****) Durchbiegung der unbelasteten Decke = 0

Beobachtungen während des Brandversuches der Versuchsdecke I

5 Minuten nach Versuchsbeginn trat auf der dem Feuer abgekehrten Seite Kondenswasser aus. Etwa von der 20. Minute ab zeigte sich, daß die Durchbiegung der Versuchsdecke am Rande etwas geringer als in Plattenmitte war. Die Temperatur auf der dem Feuer abgekehrten Seite erreichte an einigen Stellen, an denen Kondenswasser austrat, 90°C. In der 35. Minute nach Versuchsbeginn bildete sich auf der dem Feuer abgekehrten Seite ein Haarriß. 63 Minuten nach Versuchsbeginn brach die Decke zusammen.

Zahlentafel 4

Meßergebnisse an der Versuchsdecke II
(Bewehrungsstähle \varnothing 8 mm)
Außenlufttemperatur +5°C

Versuchs- dauer in Min.	Temperatur in der Brand- kammer °C *)	Temperatur an den Bewehrungs- stählen °C **)	Temperatur auf der dem Feuer abgek.Seite °C ***)	max. Durch- biegung in cm ****)
0	-	-	-	0,25
5	512	90	7	2,30
10	678	154	10	3,35
15	772	222	20	4,75
20	826	285	33	5,75
25	868	356	44	6,60
30	896	386	52	7,05
35	904	420	56	7,85
40	936	453	59	8,50
45	960	482	62	9,30
50	973	517	-	10,50
55	996	547	71	11,50
60	1000	573	76	13,10
65	-	596		15,90
69	-	619	Zusammenbruch	22,60

- *) Mittel aus 4 Meßstellen
 **) Mittel aus 5 Meßstellen
 ***) Mittel aus 4 Meßstellen
 ****) Durchbiegung der unbelasteten Decke = 0

Beobachtungen während des Brandversuches an Versuchsdecke II

13 Minuten nach Versuchsbeginn trat auf der dem Feuer abgekehrten Seite Kondenswasser aus. 2 Minuten später wurde ein Längsriß in Feldmitte auf der dem Feuer abgekehrten Seite festgestellt. In der 28. Minute bildete sich noch ein weiterer Längsriß. In der 69. Minute nach Versuchsbeginn stürzte die Decke zusammen.

Zahlentafel 5

Meßergebnisse an der Versuchsdecke III

(Bewehrungsstähle Ø12 mm)

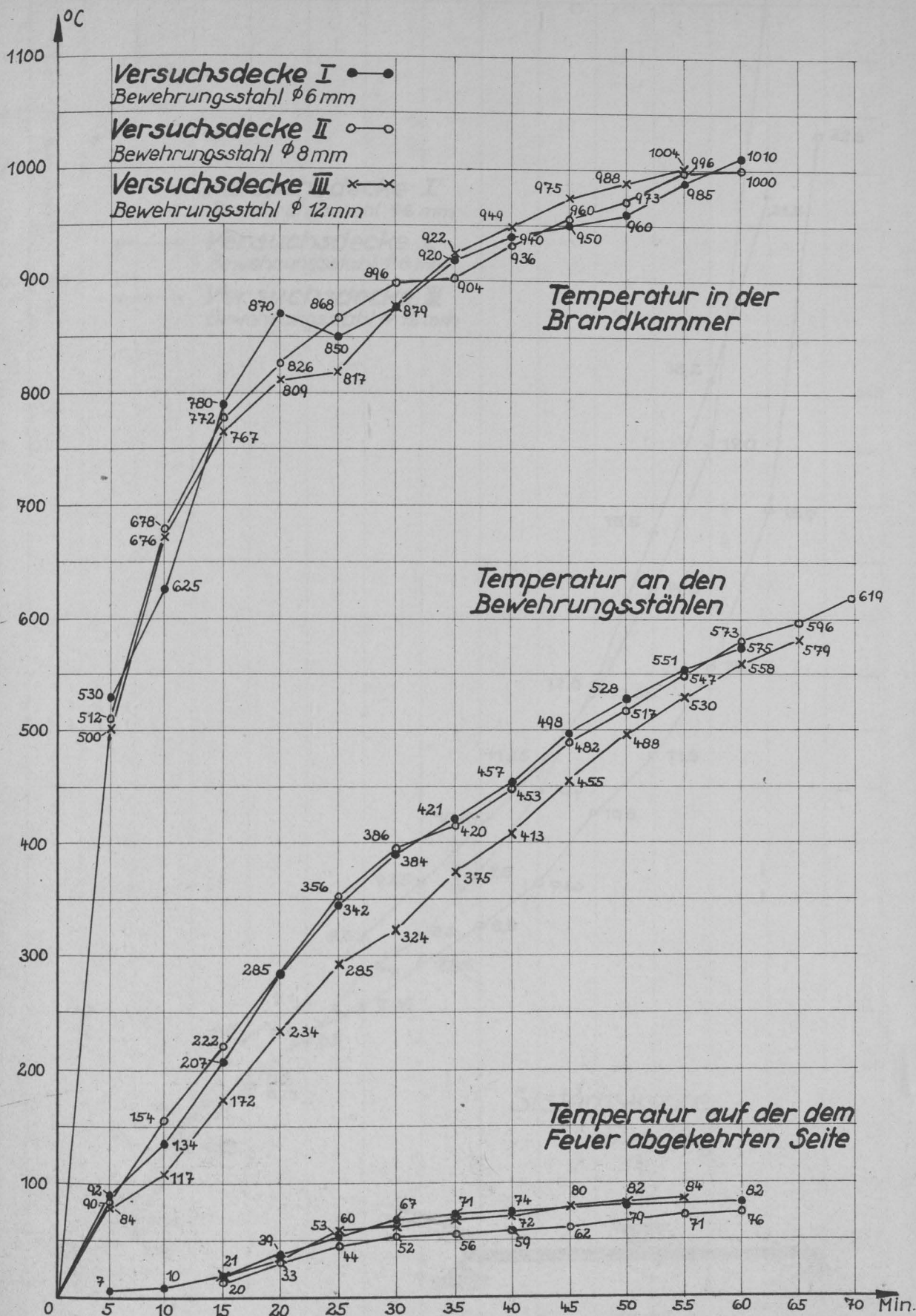
Außenlufttemperatur +7°C

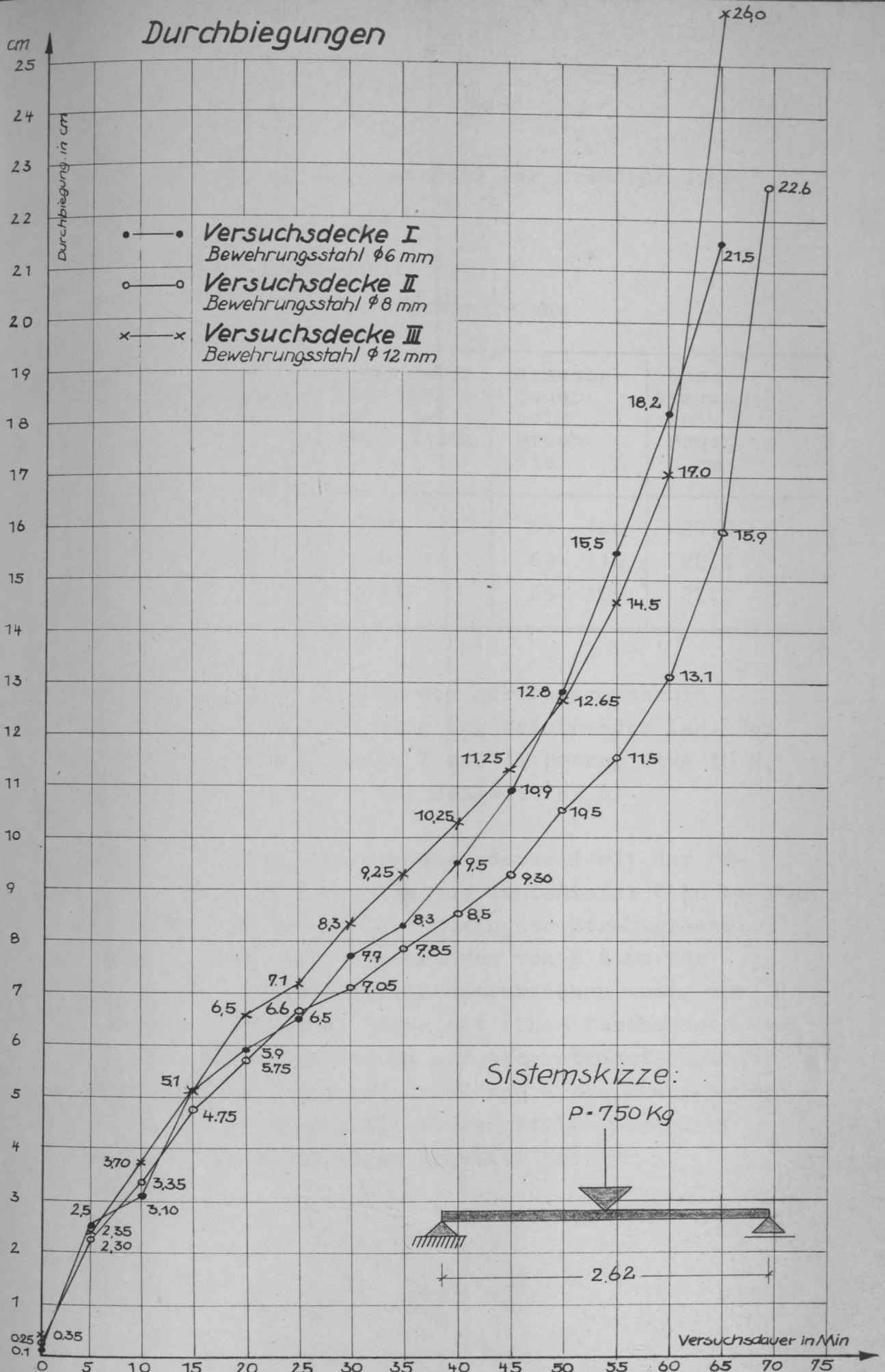
Versuchsdauer in Min.	Temperatur in der Brand- kammer °C *)	Temperatur an den Bewehrungs- stählen °C **)	Temperatur auf der dem Feuer abgek.Seite °C ***)	max. Durch- biegung in cm ****)
0	-	-	-	0,35
5	500	84	-	2,35
10	676	117	12	3,70
15	767	172	21	5,10
20	809	234	36	6,50
25	817	285	60	7,10
30	879	324	61	8,30
35	922	375	68	9,25
40	949	413	72	10,25
45	975	455	80	11,25
50	988	488	82	12,65
55	1004	530	84	14,50
60	-	558	-	17,00
65	-	579	-	26,00
66	Zusammenbruch			

- *) Mittel aus 4 Meßstellen
 **) Mittel aus 4 Meßstellen
 ***) Mittel aus 5 Meßstellen
 ****) Durchbiegung der unbelasteten Decke = 0 cm

Beobachtungen während der Brandversuche an Versuchsdecke III

In der 12. Minute nach Versuchsbeginn wurde auf der dem Feuer abgekehrten Seite der Versuchsplatte ein Längsriß sichtbar. In der 18. Minute trat Kondenswasser aus. Der Zusammenbruch erfolgte in der 66. Minute nach Versuchsbeginn.





6. Zusammenfassung

In Zahlentafel 6 sind die Ergebnisse der Brandversuche zusammengestellt.

Zahlentafel 6

Ergebnisse der Brandversuche

Versuchs- decke Nr.	Dicke der Bewehrungs- stähle mm	Temperatur der Stahl- einlagen beim Bruch °C	Versuchs- dauer beim Bruch Min. %	Durch- biegung beim Bruch cm
I	6	595	63 100	23,0
II	8	610	69 110	22,5
III	12	570	66 105	27,0

Die Versuchsergebnisse zeigen, daß der Zusammenbruch bei allen 3 Decken zeitlich sehr eng beieinander lag. Der Unterschied zwischen der Decke I und II betrug etwa 10 %, zwischen I und III etwa 5 % (s. Zahlentafel 6)

Am schnellsten versagte die Versuchsdecke I mit der Bewehrung aus Stählen \varnothing 6 mm. Wie aus Zahlentafel 2 zu ersehen ist, haben diese Stäbe auch die geringste Streckgrenze. In der Praxis werden aber Bewehrungen von \varnothing 6 mm für Stahlbetondecken und Fertigteilkonstruktionen wenig verwendet, sondern mindestens Stäbe mit einem Durchmesser von 8 mm aufwärts. Die Untersuchung auf Widerstandsfähigkeit gegen Feuer und Wärme hat auf Grund der Versuchsergebnisse gezeigt, daß die Bewehrung mit dicken Stabdurchmessern ein feuertechnisch ungünstiges Ergebnis bringt.